

Testování akumulátorových baterií na bázi Lithia v aplikaci pro PZS

Ivan Konečný, ZČU Plzeň

1. Úvod

Pro zabezpečení nepřetržitého napájení zabezpečovacích zařízení se na železnici používaly do počátku 90-tých let minulého století většinou akumulátorové baterie s kapalným alkalickým elektrolytem založené na bázi niklu (baterie NiFe, případně NiCd). V praxi se tento typ baterií osvědčil, baterie poskytovaly přibližně konstantní výkon v širokém rozsahu kladných i záporných teplot, byly odolné proti přebíjení a hlubokému vybíjení, vykazovaly vysokou životnost až 15 - 20 let. Jako nabíječe baterií sloužily z dnešního pohledu primitivní zapojení dobíječů sestávající ze síťového transformátoru se sekundárním vinutím s odbočkami, dvojcestného usměrňovače a regulačního rezistoru. Nastavením odboček na sekundáru síťového transformátoru a regulačním odporem se regulovala nabíjecí charakteristika dobíječe. (Hodnota nabíjecího proudu a „tvrdost“ dobíjecího zdroje). Jedinou nevýhodou baterií bylo, že vyžadovaly pravidelnou údržbu spočívající především v dolévání destilované vody do elektrolytu, občasné vyčištění svorek jednotlivých článků akumulátoru a zajištění odvětrání prostoru s akumulátory.

S přístupem koncem minulého století k novým technologiím bezúdržbových baterií na bázi olova s kyselým elektrolytem vázaným do skelných rohoží, resp. do gelu byla generace baterií NiFe, NiCd s tekutým elektrolytem nahrazována olověnými bezúdržbovými bateriemi, které nevyžadují po celou svoji životnost dolévání elektrolytu, ani další údržbu. Tyto výhody bezúdržbových akumulátorových baterií na bázi olova v porovnání s předchozí generací baterií NiFe, NiCd jsou do jisté míry degradovány následujícími nevýhodami:

- nižší životnost, typicky 10 let
- výrazný pokles kapacity baterie v záporných teplotách (typicky 40% kapacity baterie při teplotě -25°C proti 100% při 25°C)
- nutnost přesného dobíjení baterie pomocí stabilizovaných zdrojů s charakteristikou CC-CV (konstantní proud – konstantní napětí), dále regulace koncového nabíjecího napětí baterie v závislosti na teplotě baterie
- životnost baterie klesá při vybíjení pod minimální napětí cca 1.8V/článek baterie

Při aplikaci bezúdržbových olověných baterií pro náhradní napájení přejezdových zabezpečovacích zařízení (PZS) byla „bezúdržbovost“ v řadě případů degradována dosazením klimatizačních jednotek do domků s technologií PZS, jejíž příkon několikanásobně přesahoval příkon technologie samotného zařízení.

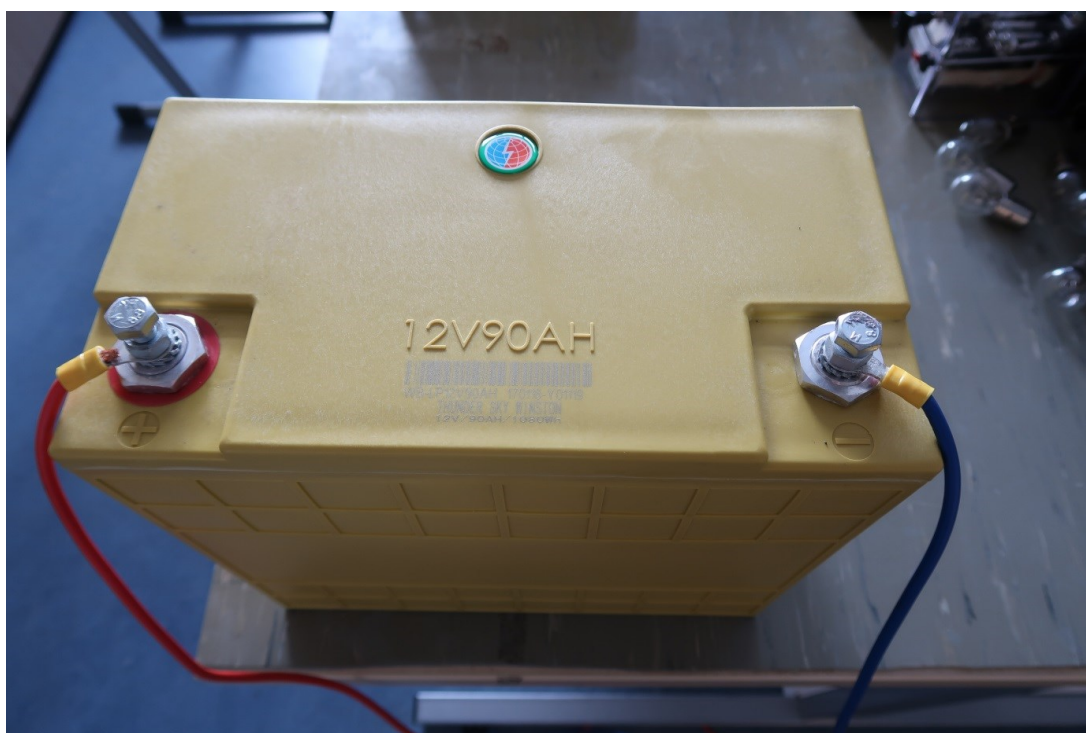
V bývalé oblasti sdělovací a zabezpečovací techniky VÚŽ Praha byla koncem 20. století testována akumulátorová baterie NiCd FNC firmy HOPPECKE s tekutým alkalickým elektrolytem a rekombinačními zátkami jednotlivých akumulátorových článků, které zajišťují bezúdržbovost baterie. V kombinaci s přesnými dobíječi typu CC-CV tento typ baterie vynikal všemi výše popsanými výhodami klasických baterií NiCd, do teploty -40°C vykazoval pouze 10% pokles kapacity v porovnání se 100% kapacitou při pokojové teplotě.

Bohužel v současné době je používání baterií NiCd pro ekologickou problematiku kadmia (zákon č.297/2009Sb) omezováno.

Alternativou k bezúdržbovým akumulátorovým bateriím na bázi olova jsou v posledních letech baterie s alkalickým elektrolytem na bázi lithia. V současné době se vyrábí lithiové baterie poměrně širokou škálou technologií, které z hlediska koncového využití vykazují odlišné vlastnosti. Z hlediska použití v aplikacích pro náhradní napájení zabezpečovacích zařízení se jeví jako potenciálně vyhovující baterie vyráběné technologií LiFePO₄. Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně novou technologii prakticky neověřenou v aplikacích drážní zabezpečovací techniky, byly na elektrotechnické fakultě ZČU a jejím regionálním inovačním centru RICE provedeny na zakázku firmy První SaZ s.r.o. Plzeň testy, jejichž účelem bylo zjistit, zda jsou vytipované baterie LiFePO₄ vhodné pro alternativní využití pro náhradní napájení PZS typu PZZ-K (hybridní technologie reléová logika s elektronickými doplňky).

2. Základní parametry testované baterie LiFeYPO₄.

Typ baterie: Winston baterie, LiFePO₄/LiFeYPO₄ akumulátor 12V, 90Ah



Obr. 2.1

Popis produktu

Výkonný napájecí akumulátor 12V lithium yttrium železo fosfát (LiFePO₄ / LiFeYPO₄).

Nejmodernější technologie pro uskladnění elektrické energie:

- monolitický lithiový akumulátor 12V (4 články 3,2V v sériovém zapojení)
- rozsah mezního provozního napětí 10V až 16V
- technologie lithium yttrium železo fosfát (LiFePO₄ / LiFeYPO₄)
- neobsahuje žádné toxické látky, jedy, žíraviny nebo kyseliny
- zcela bezpečný: nehoří, nevybuchuje, neobsahuje tekutý elektrolyt
- vysoký rozsah pracovních teplot (-30°C až +70°C)

- nízké samovybíjení (< 3% za měsíc)
- počet provozních cyklů až 8000
- možnost rychlo-nabíjení (až 1C, impulzně až 2.5C)

Doplňkové parametry

Kategorie:	Baterie 6-12V
Záruka:	24 měsíců
Hmotnost:	15 kg
Jmenovité napětí naprázdno (V):	12
Kapacita (Ah):	90
Doporučený vybíjecí proud (A):	< 45
Maximální vybíjecí proud (A):	900
Doporučený nabíjecí proud (A):	< 45
Maximální nabíjecí proud (A):	90
Délka (mm):	282
Výška (mm):	248
Šířka (mm):	155

3. Popis provedených základních testů

Základní testy byly provedeny na bateriovém bloku 12V. Cílem základních testů mělo být zjištění, zda jsou vytipované baterie vhodné pro případné použití v PZS typu PZZ-K.

Popis základních testů:

Provést měření kapacity baterie typu LP12V90Ah vyrobené technologií LiFeYPO4 dodané zadavatelem znázorněné na obr. 2.1 v následujících režimech:

- A) Nabíjení konstantním proudem 10A při 25°C a následné vybití konstantním proudem 10A při 25°C**
- B) Nabíjení konstantním proudem 10A při -25°C a následné vybití konstantním proudem 10A při 25°C**
- C) Nabíjení konstantním proudem 10A při 25°C a následné vybití konstantním proudem 10A při 25°C**
- D) Nabíjení konstantním proudem 10A při 25°C a následné vybití konstantním proudem 10A při 55°C**

Režim A

Baterie byla umístěna do klimatické komory Vötsch VC 7060-5, na které byla nastavena teplota na 25°C a po aklimatizaci baterie byla baterie dobita laboratorním zdrojem Statron inv. č. 214720 (0 až 32V/0 až 24A) s nastaveným maximálním napětím **16.5V** a nastaveným proudovým omezením při nabíjení baterie na **10A**. Po plném nabití baterie, kdy dojde k poklesu nabíjecího proudu na **0A** při svorkovém napětí baterie **16.5V** byla na komoře nastavena teplota **-25°C** a po aklimatizaci baterie trvající přibližně 3 hodiny bylo aktivováno vybíjení baterie. Vybíjení baterie probíhalo do stejnosměrné elektronické zátěže typu IT 8511 inv. č. 214720. Stejnosměrná elektronická zátěž byla nastavena na režim konstantního vybíjecího proudu

10A do poklesu vybíjecího napětí **11V**, kdy dojde k odpojení zátěže, současně lze odečíst maximální kapacitu baterie v Ah pro rozsah vybíjecích napětí **16.5V** až **11V**. Po ukončení zkoušky v režimu A. byla odečtena maximální kapacita baterie, která činí **51.82Ah**.

Režim B

Baterie byla umístěna do klimatické komory Vötsch VC 7060-5, na které byla nastavena teplota na **-25°C** a po aklimatizaci baterie byla baterie dobita shodným způsobem jako v režimu A. Po plném nabití byla na komoře nastavena teplota **25°C** a po aklimatizaci baterie trvající přibližně 3 hodiny bylo aktivováno vybíjení baterie shodným způsobem jako v režimu A.. Po ukončení zkoušky v režimu B byla odečtena maximální kapacita baterie, která činí **91.8Ah**.

Režim C

Baterie byla umístěna do klimatické komory Vötsch VC 0034, na které byla nastavena teplota na **25°C** a po aklimatizaci baterie byla baterie dobita shodným způsobem jako v režimu A. Po plném nabití bylo u baterie při totožné teplotě **25°C** aktivováno vybíjení baterie shodným způsobem jako v režimu A. Po ukončení zkoušky v režimu C byla odečtena maximální kapacita baterie, která činí **95.5Ah**.

Režim D

Baterie byla umístěna do klimatické komory Vötsch VC 0034, na které byla nastavena teplota na **25°C** a po aklimatizaci baterie byla baterie dobita shodným způsobem jako v režimu A.. Po plném nabití byla na komoře nastavena teplota **55°C** a po aklimatizaci baterie trvající přibližně 3 hodiny bylo aktivováno vybíjení baterie shodným způsobem jako v režimu A.. Po ukončení zkoušky v režimu D. byla odečtena maximální kapacita baterie, která činí **94.63Ah**.

Použité laboratorní přístroje pro nabíjení a vybíjení testované baterie jsou na obr. 3.2 a obr. 3.3.



Obr. 3.2



Obr. 3.3.

Laboratorními testy popsanými v kapitole 3. bylo ověřeno, že testovaná baterie typu LP12V90Ah vyrobená technologií LiFeYPO₄ splňuje v rozmezí kladných pracovních teplot deklarované parametry. V rozmezí záporných okolních teplot -25°C je baterie použitelná s omezením maximální vybíjecí kapacity na **51.82Ah**, baterii lze v záporných testovaných teplotách -25°C nabít na maximální kapacitu **91.8Ah** mírně překračující deklarovanou kapacitu udávanou výrobcem.

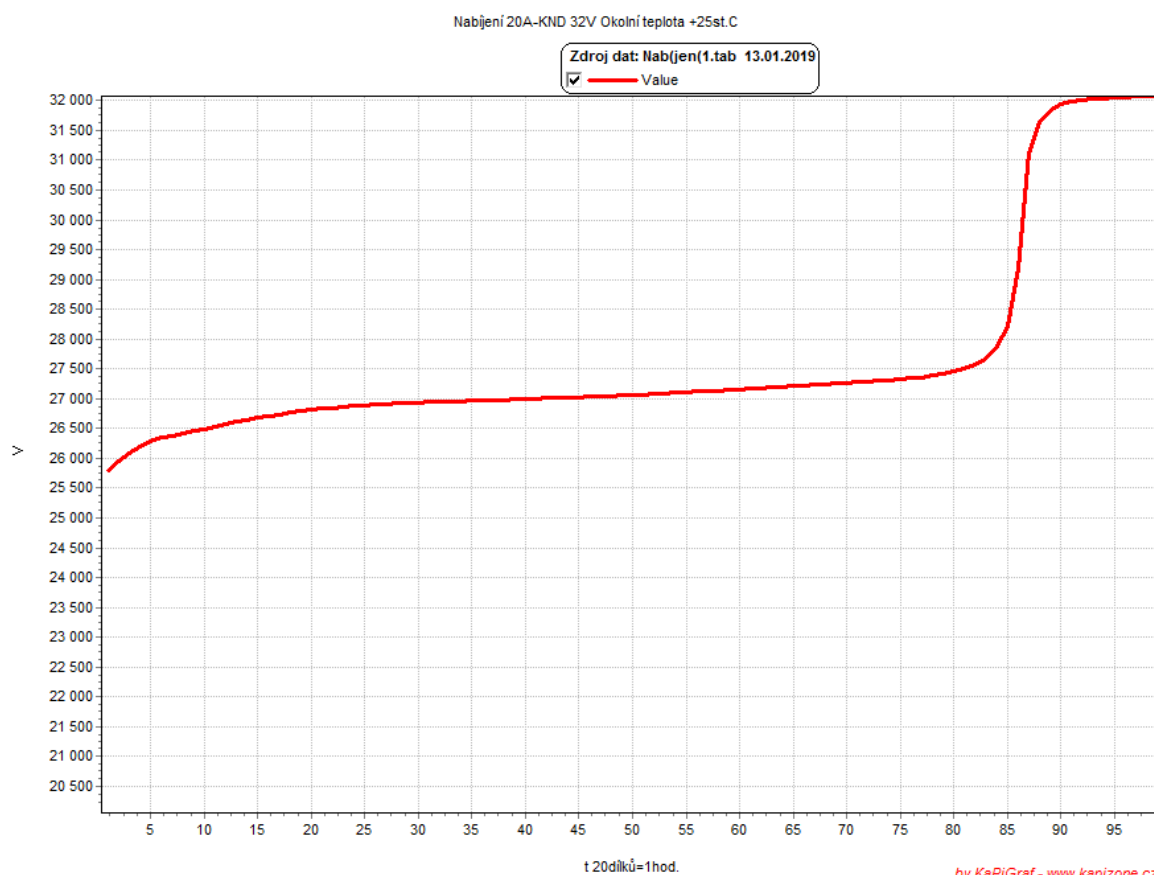
4. Testy baterie 2x12V podle specifikace zadavatele firmy První SaZ Plzeň

- A) Provést měření nabíjecích a vybíjecích charakteristik (včetně doby nabíjení a vybíjení) dvou sériově zapojených baterií 2x12V typu LP12V90Ah vyrobených technologií LiFeYPO₄.**
- B) Nabíjení konstantním proudem 20A zavedeným dobíječem typu SM230-24-20A (dále ve zkratce SM20A, výrobkem firmy Signal Mont Hradec Králové) při 25°C do koncového napětí dobíječe 32V a následné vybití konstantním proudem 6A do minimálního napětí 22V při 25°C**
- C) Nabíjení konstantním proudem 20A dobíječem typu SM20A při 25°C do koncového napětí dobíječe 31V a následné vybití konstantním proudem 6A do minimálního napětí 22V při 25°C**
- D) Nabíjení konstantním proudem 20A dobíječem typu SM20A při 25°C do koncového napětí dobíječe 30V a následné vybití konstantním proudem 6A do minimálního napětí 22V při 25°C**
- E) Nabíjení konstantním proudem 20A dobíječem typu SM20A při 25°C do koncového napětí dobíječe 29.5V a následné vybití konstantním proudem 6A do minimálního napětí 22V při 25°C**
- F) Nabíjení konstantním proudem 20A dobíječem typu SM20A při -25°C do koncového napětí dobíječe 29.5V a následné vybití konstantním proudem 6A do minimálního napětí 22V při -25°C**
- G) Provést vyhodnocení doby nabíjení, vybíjení a kapacity sériově zapojených baterií 2x12V typu LP12V90Ah testovaných podle B) až F).**

Výsledky měření kapacity dodaných baterií

Režim B

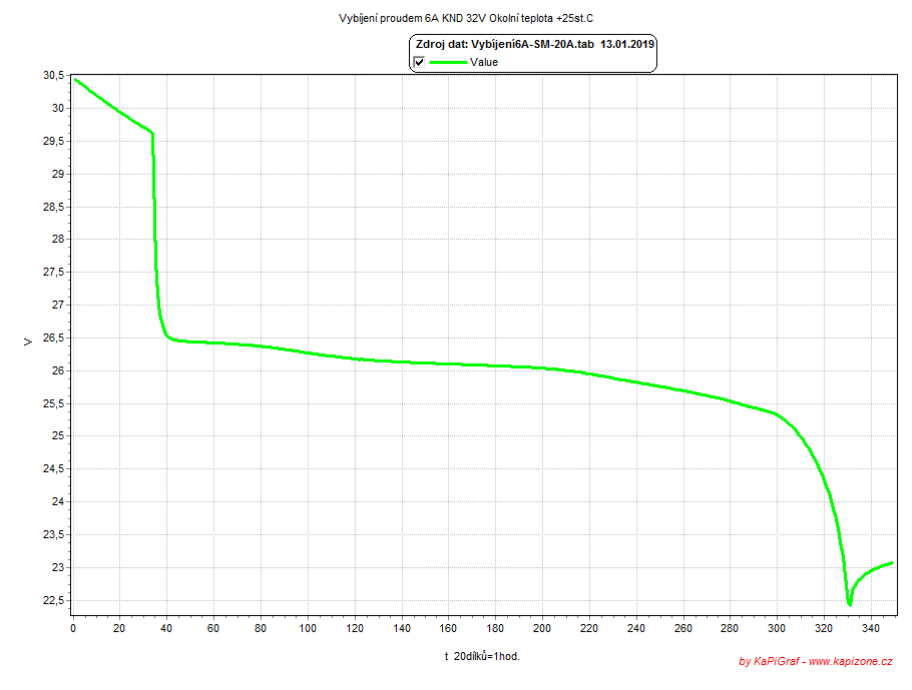
Vybitá baterie do minimálního napětí 22V se jmenovitým napětím 24V sestavená ze sériově zapojených dílčích baterií 2x12V typu LP12V90Ah byla dobíjena dobíječem typu SM20A v módu konstantního proudu 20A do nastaveného koncového napětí 32V (CC/CV) při okolní teplotě +25°C. Svorkové napětí baterie bylo měřeno registračním voltmetrem UNI-T typu UT71A a ukládáno do tabulky v nastavených 3min. intervalech v PC typu HP. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení nabíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí 32V) byly zpracovány do grafu na obr. 4.1.



Obr. 4.1

Z grafu lze odečíst, že do baterie je dodán náboj $Q = I \cdot t \approx 100\text{Ah}$, doba nabíjení je 5hod.

Po ukončení nabíjecího cyklu bylo aktivováno vybíjení baterie. Vybíjení baterie probíhalo do stejnosměrné elektronické zátěže typu IT 8511 inv. č. 214720. Stejnosměrná elektronická zátěž byla nastavena na režim konstantního vybíjecího proudu **6A** do poklesu vybíjecího napětí **22V**, kdy dojde k odpojení zátěže. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení vybíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí 22V) byly zpracovány do grafu na obr. 4.2.

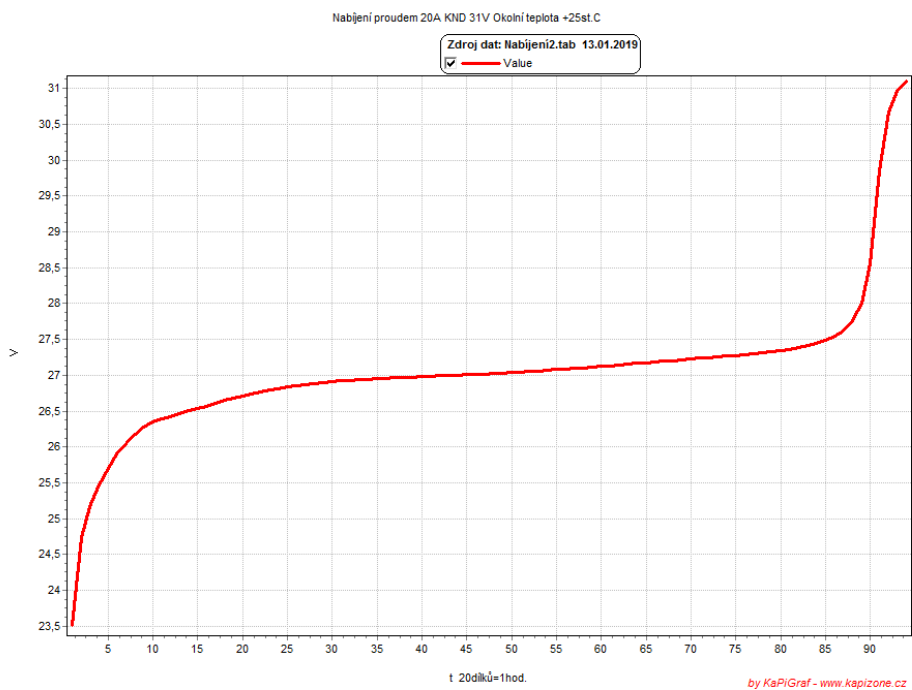


Obr. 4.2

Z grafu lze odečíst, že z baterie byl vyčerpán náboj $Q=I \cdot t \approx 99\text{Ah}$, doba vybíjení 16.5hod.

Režim C

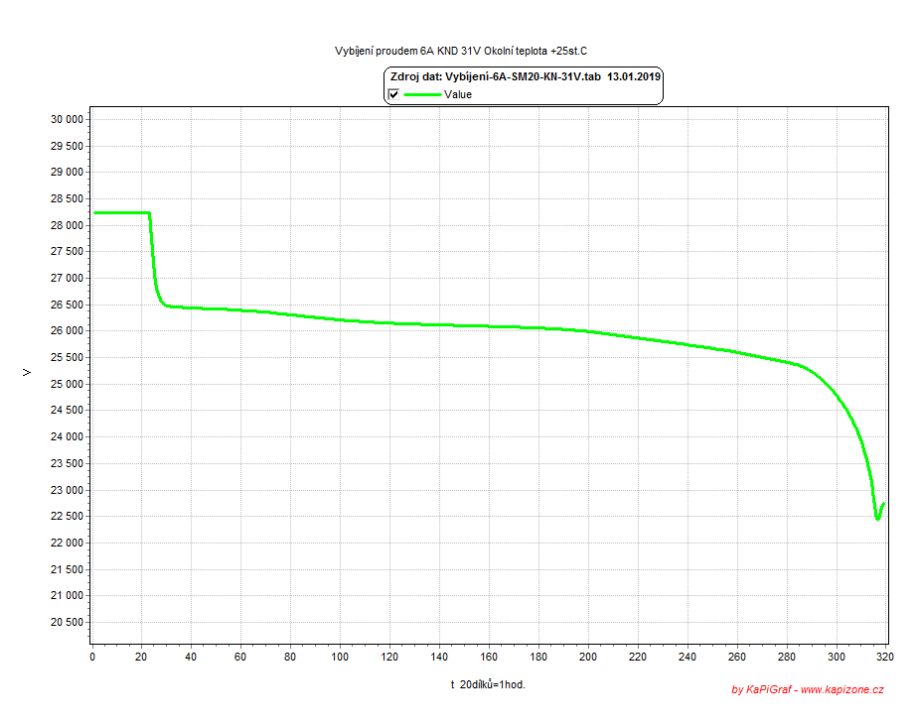
Baterie dobita shodným způsobem jako v režimu **B** na nastavené koncové napětí dobíječe **31V**. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení nabíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí 31V) byly zpracovány do grafu na obr. 4.3.



Obr. 4.3

Z grafu lze odečíst, že do baterie je dodán náboj $Q=I \cdot t \approx 95\text{Ah}$, doba nabíjení je 4.75hod.

Po nabití baterie na koncové napětí dobíječe **31V** bylo aktivováno vybíjení baterie shodným způsobem jako v režimu **B**. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení vybíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí **22V**) byly zpracovány do grafu na obr. 4.4.

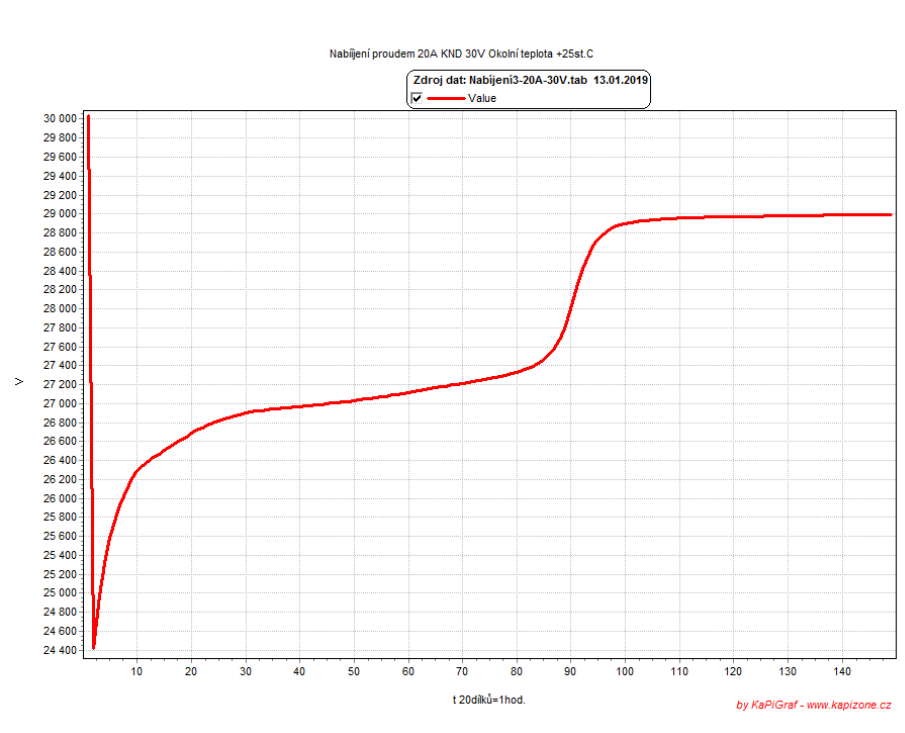


Obr. 4.4

Z grafu lze odečíst, že z baterie byl vyčerpán náboj $Q=I \cdot t \approx 94\text{Ah}$, doba vybíjení 16hod.

Režim D

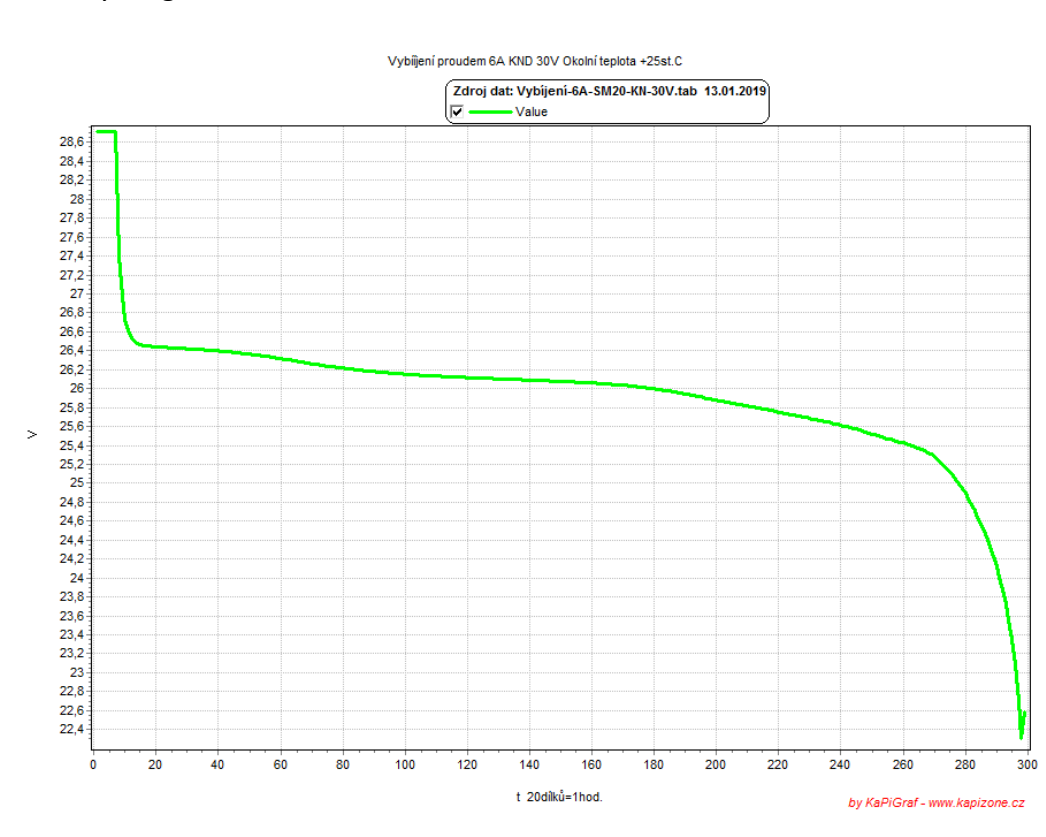
Baterie dobita shodným způsobem jako v režimu **C** na koncové napětí dobíječe nastavené na hodnotu **30V**. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení nabíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí **30V**) byly zpracovány do grafu na obr. 4.5.



Obr. 4.5

Z grafu lze odečíst, že do baterie je dodán náboj $Q=I \cdot t \approx 100\text{Ah}$, doba nabíjení je 6hod.

Po nabití baterie na koncové napětí dobíječe **30V** bylo aktivováno vybíjení baterie shodným způsobem jako v režimu **C**. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení vybíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí **22V**) byly zpracovány do grafu na obr. 4.6.

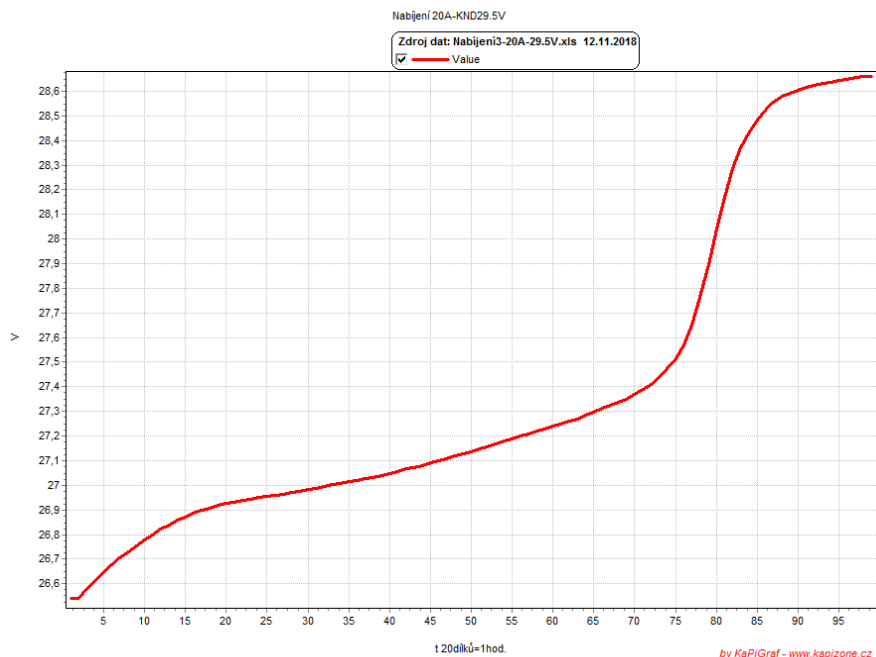


Obr. 4.6

Z grafu lze odečíst, že z baterie byl vyčerpán náboj $Q=I \cdot t \approx 90\text{Ah}$, doba vybíjení 15hod.

Režim E

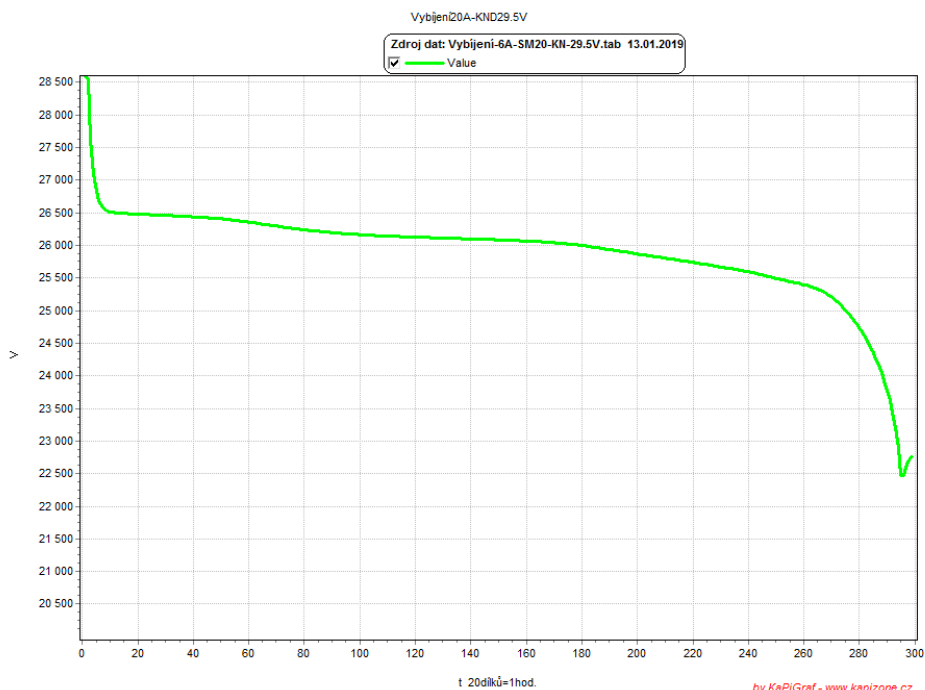
Baterie dobíta shodným způsobem jako v režimu **D** na koncové napětí dobíječe nastavené na hodnotu **29.5V**. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení nabíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí **29V**) byly zpracovány do grafu na obr. 4.7.



Obr. 4.7

Z grafu lze odečíst, že do baterie je dodán náboj $Q=I \cdot t \approx 98\text{Ah}$, doba nabíjení je 5hod.

Po nabití baterie na koncové napětí dobíječe **29.5V** bylo aktivováno vybíjení baterie shodným způsobem jako v režimu **D**. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení vybíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí **22V**) byly zpracovány do grafu na obr. 4.8.

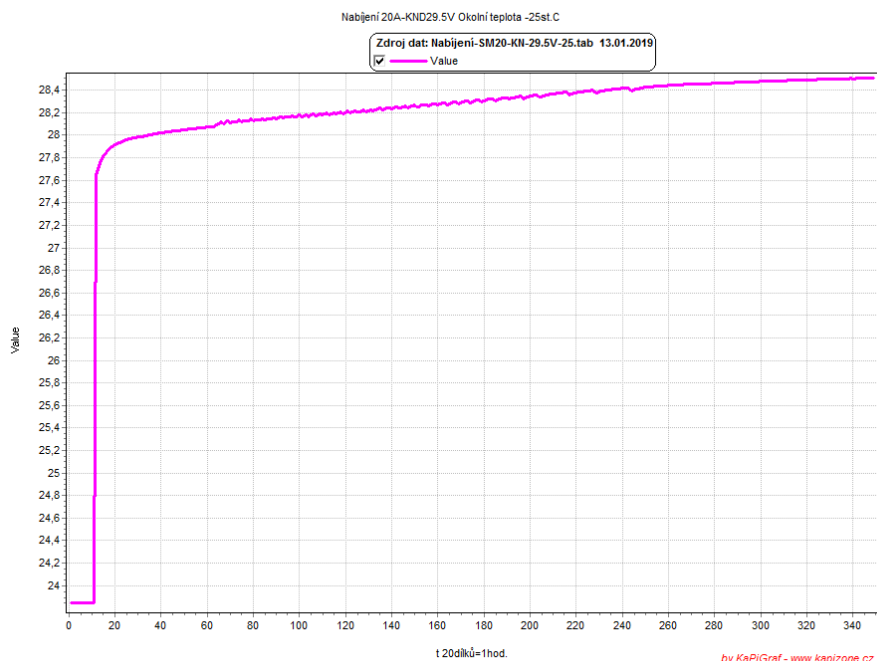


Obr. 4.8

Z grafu lze odečíst, že z baterie byl vyčerpán náboj $Q=I \cdot t \approx 84\text{Ah}$, doba vybíjení 14.5hod.

Režim F

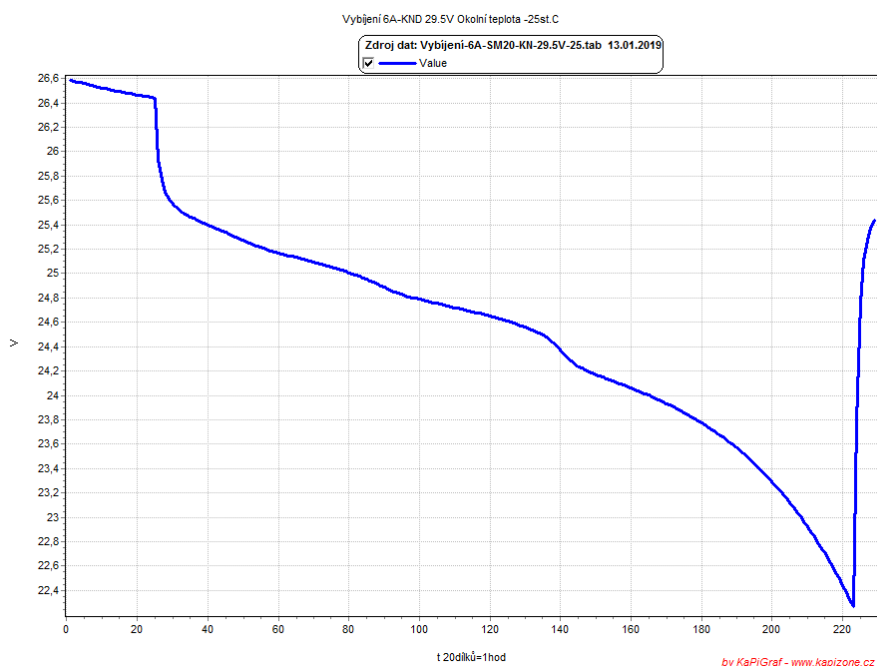
Vybitá baterie byla umístěna do klimatické komory Vötsch VC 7060-5, na které byla nastavena teplota na -25°C a po aklimatizaci baterie trvající přibližně 3 hodiny byla baterie dobita shodným způsobem jako v režimu E na koncové napětí dobíječe nastavené na hodnotu **29.5V**. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení nabíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí **28.5V**) byly zpracovány do grafu na obr. 4.9.



Obr. 4.9

Z grafu nelze přesně odečíst, jaký byl do baterie dodán náboj, doba nabíjení je 17.5hod.

Po nabití baterie na koncové napětí baterie **28.5V** bylo aktivováno vybíjení baterie shodným způsobem jako v režimu E. Naměřené tabelární hodnoty po ukončení vybíjecího cyklu (dosažení svorkového napětí **22V**) byly zpracovány do grafu na obr. 4.10.



Obr. 4.10

Z grafu lze odečíst, že z baterie byl vyčerpán náboj $Q=I \cdot t \approx 67.5\text{Ah}$, doba vybíjení 11.25hod.

G) Vyhodnocení testů baterie 24V v režimech B až E

Nabíjení baterie se jmenovitým napětím 24V v režimech B až E probíhalo při okolní teplotě +25°C konstantním proudem 20A do koncových napětí dobíječe (přechod z dobíjecího režimu CC na CV) nastavených na 32V (režim B), 31V (režim C), 30V (režim D) a 29.5V (režim E). Cílem postupného snižování maximálního dobíjecího napětí 32V stanoveného výrobcem bylo experimentálně najít minimální dobíjecí napětí, při kterém poklesne kapacita nabité baterie max. o 10% proti jmenovité kapacitě baterie 90Ah. Snižováním dobíjecího napětí pod maximální napětí 32V se získá rezerva pro dodržení maximálních napětí jednotlivých článků baterie při jejich případném rozvážení v běžném provozu.

Z porovnání nabíjecích charakteristik na obr. 4.1 (CV dobíječe 32V), obr. 4.3 (CV dobíječe 31V), obr. 4.5 (CV dobíječe 30V) a obr. 4.7 (CV dobíječe 29.5V) lze odečíst, že po cca 4.5hod dochází cca do 1hod k rychlému nárůstu svorkového napětí baterie na nastavené koncové napětí dobíječe (režim B,C), resp. na svorkové napětí baterie, které je cca o 1V nižší než je koncové napětí dobíječe (režim D,E). Průměrná hodnota náboje dodaného během nabíjecího cyklu do baterie je cca 100Ah.

Vybíjení baterie o jmenovitém napětí 24V nabitá v režimech B až E bylo realizováno pomocí stejnosměrné elektronické zátěže, která zajišťuje vybíjení konstantním proudem 6A (maximální odebíraný proud z baterie v aplikaci zadavatele testování baterie) do minimálního napětí baterie 22V, při kterém dochází k odpojení zátěže a ukončení testu.

Z vybíjecích charakteristik na obr. 4.2 (CV dobíječe 32V), obr. 4.4 (CV dobíječe 31V), obr. 4.6 (CV dobíječe 30V) a obr. 4.8 (CV dobíječe 29.5V) lze odečíst hodnoty průměrné kapacity baterie a dobu vybíjení z maximálního napětí baterie do koncového napětí baterie 22V.

- Z obr. 4.2 je zřejmé, že po cca 2hod vybíjení proudem 6A poklesne napětí baterie na úroveň 26.5V, po cca 13hod vybíjení proudem 6A poklesne napětí na úroveň 25.5V a po další 1.5hod poklesne napětí na 22V, kdy dochází k ukončení vybíjecího cyklu. Celková doba vybíjení baterie proudem 6A je 16.5hod, kapacita baterie je 99Ah. V ploché části vybíjecí charakteristiky od napěťové úrovně 26.5V do 25.5V je z baterie po dobu 13hod vyčerpána kapacita 78Ah.
- Z obr. 4.4 je zřejmé, že po cca 1.5hod vybíjení proudem 6A poklesne napětí baterie na úroveň 26.5V, po cca 12.5hod vybíjení proudem 6A poklesne napětí na úroveň 25.5V a po dalších 2hod poklesne napětí na 22V, kdy dochází k ukončení vybíjecího cyklu. Celková doba vybíjení baterie proudem 6A je 16hod, kapacita baterie je 94Ah. V ploché části vybíjecí charakteristiky od napěťové úrovně 26.5V do 25.5V je z baterie po dobu 12.5hod vyčerpána kapacita 75Ah.
- Z obr. 4.6 je zřejmé, že po cca 0.5hod vybíjení proudem 6A poklesne napětí baterie na úroveň 26.5V, po cca 12hod vybíjení proudem 6A poklesne napětí na úroveň 25.5V a po dalších 2.5hod poklesne napětí na 22V, kdy dochází k ukončení vybíjecího cyklu. Celková doba vybíjení baterie proudem 6A je 15hod, kapacita baterie je 90Ah. V ploché části vybíjecí charakteristiky od napěťové úrovně 26.5V do 25.5V je z baterie po dobu 12hod vyčerpána kapacita 72Ah.
- Z obr. 4.8 je zřejmé, že po cca 25min. vybíjení proudem 6A poklesne napětí baterie na úroveň 26.5V, po cca 11.5hod vybíjení proudem 6A poklesne napětí na úroveň 25.5V a po dalších 2hod poklesne napětí na 22V, kdy dochází k ukončení vybíjecího cyklu. Celková doba vybíjení baterie proudem 6A je 14hod, kapacita baterie je 84Ah. V ploché části vybíjecí charakteristiky od napěťové úrovně 26.5V do 25.5V je z baterie po dobu 11.5hod vyčerpána kapacita 69Ah.

Vyhodnocení testu baterie 24V v režimu F

Nabíjení baterie se jmenovitým napětím 24V v režimu F probíhalo při okolní teplotě -25°C konstantním proudem 20A do nastaveného koncového napětí dobíječe (přechod z dobíjecího režimu CC na CV) 29.5V. Nabíjecí charakteristika je znázorněna na obr. 4.9. Oproti nabíjecím charakteristikám při kladné teplotě +25°C je průběh nabíjecí charakteristiky atypický. Svorkové napětí nabíjené baterie během cca 1hod vzroste na cca 28V, během dalších cca 16hod nabíjecího cyklu vzroste na hodnotu 28.5V. Na této úrovni se už napětí ztlačí. Vzhledem tomu, že svorkové napětí baterie relativně rychle vzroste na cca 28V a koncové napětí dobíječe je nastaveno na 29.5V není baterie dobíjena proudem 20A, ale nižším proudem cca 5A (dobíječ se při malém rozdílu napětí baterie a koncového napětí dobíječe nechová jako zdroj konstantního proudu).

Z vybíjecí charakteristiky na obr. 4.10 (CV dobíječe 29.5V) lze odečíst hodnoty průměrné kapacity baterie a dobu vybíjení z maximálního napětí baterie 28.5V do koncového napětí baterie 22V.

- Z obr. 4.10 je zřejmé, že po cca 1.25hod vybíjení proudem 6A poklesne napětí baterie na úroveň 25.5V, potom téměř lineárně klesá po dobu cca 10hod vybíjení proudem 6A do napětí 22V, kdy dochází k ukončení vybíjecího cyklu. Celková doba vybíjení baterie proudem 6A je 11.25 hod, kapacita baterie je 67.5Ah.

Použité měřicí přístroje a zařízení:

Dobíječ typu SM20 režim CC 20A, CV 29.5V až 32V

Registrační voltmetr UNI-T UT71A

Notebook HP

Stejnoseměrná elektronická zátěž typu IT 8511

Klimatická komora Vötsch VC 7060-5

5. Závěr

Laboratorními testy popsanými v kapitole 4. bylo ověřeno, že testované baterie 2x12V typu LP12V90Ah vyrobené technologií LiFeYPO₄ splňují požadavky specifikované zadavatelem na použití v konkrétní aplikaci. **Pro dosažení vysoké životnosti sériově zapojených baterií 2x12V postačí v požadovaném rozsahu pracovních teplot nastavení dobíječe SM20 z režimu CC=20A na CV=29.5V.** V rozmezí záporných okolních teplot -25°C je baterie 2x12V použitelná s omezením maximální vybíjecí kapacity na cca 66Ah, což postačí při vybíjecím proudu 6A na dobu 11hod provozu zátěže.